

Лекция № 11

Тема: Проектирование плана второго пути. Расчет схода на прямой

Содержание:

Введение

1. Выбор схемы расчета
2. Пример расчета схода на прямой

Литература:

Введение

При проектировании реконструкции однопутных линий и вторых путей часто возникает необходимость изменения положения пути в плане и изменения междупутья по сравнению с нормальным. Такие задачи решаются за счёт: изменения длины существующих кривых, переноса вершин углов поворота кривых, введения новых круговых кривых.

Задачи изменения положения пути однопутной линии в плане и задачи уширения междупутья двухпутной дороги идентичны и различаются только тем, что в первом случае ставится цель сместить ось пути на определённую величину, заданную проектом, а во втором – сместить ось на величину уширения междупутья ΔM . Перечисленные задачи решаются применительно к круговым кривым правильного очертания. Если ось существующего пути ещё не приведена в правильное положение, то расстояние, откладываемое в каждой рихтуемой точке плана, увеличивается или уменьшается на величину выправки сбитой кривой Δ .

Для смещения оси пути на прямом участке пути устраивают две обратные кривые, между которыми располагают прямую вставку.

Наименьшая длина прямой вставки диктуется строительными нормами. Радиусы круговых кривых обычно принимают одинаковыми ($R_1 = R_2$).

1. Выбор схемы расчета

Расчет схода на прямой предусматривает изменение междупутья от n_n до n_k в пределах прямолинейного участка при проектировании II пути.

Ниже, на рис.1 представлены возможные схемы расчета:

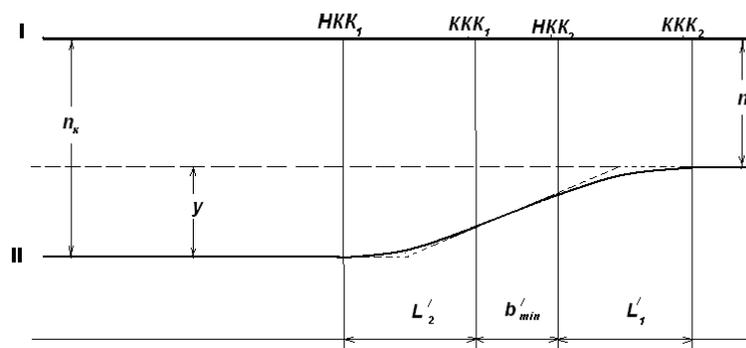
А) II проектируется справа (по ходу пикетажа), междупутье меняется от нормального, до конструктивного;

Б) II проектируется справа (по ходу пикетажа), междупутье меняется от конструктивного до нормального;

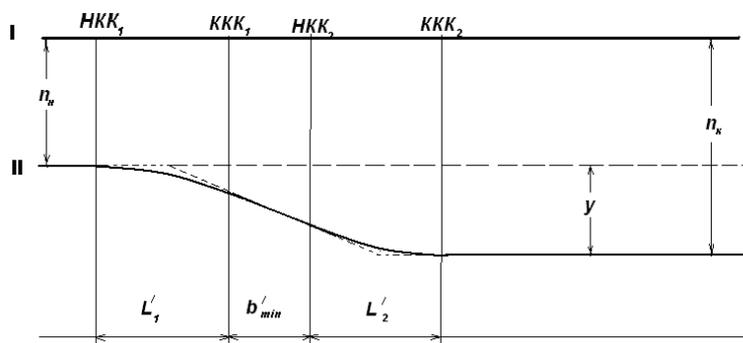
В) II проектируется слева (по ходу пикетажа), междупутье меняется от конструктивного до нормального;

Г) II проектируется слева (по ходу пикетажа), междупутье меняется от нормального до конструктивного;

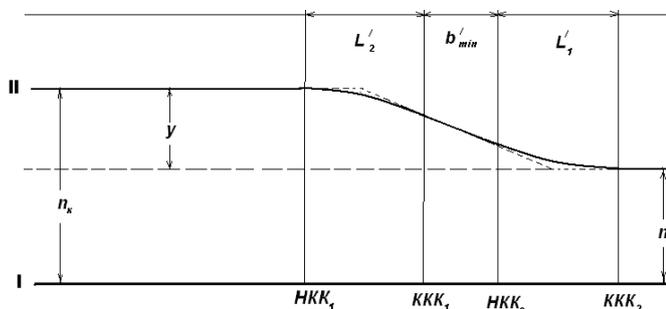
А) -



Б)-



В)+



Г)+

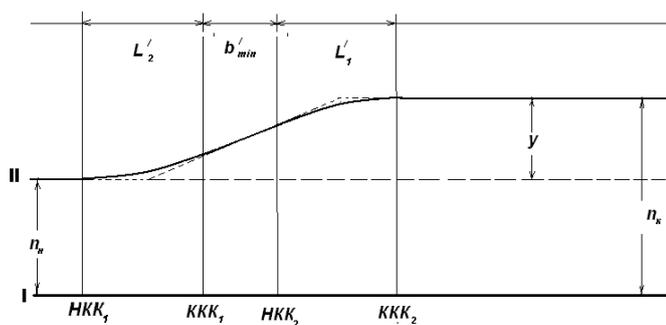


Рис.1. Схемы расчета схода на прямом участке

Выбор схемы определяется сторонностью второго пути и соотношением по величине начального и конечного междупутья.

2 Пример расчета схода на прямой

Расчет схода на прямом участке осуществляется на заданном ПК, который совпадает по расчетам с точкой НПК₁₁ при изменении междупутного расстояния от n_n до n_k .

Исходные данные:

Изменить междупутное расстояние от $n_n = 4.10$ м до $n_k = 10.20$ м.

Второй путь проектируется справа [рис.1 (схема Б)].

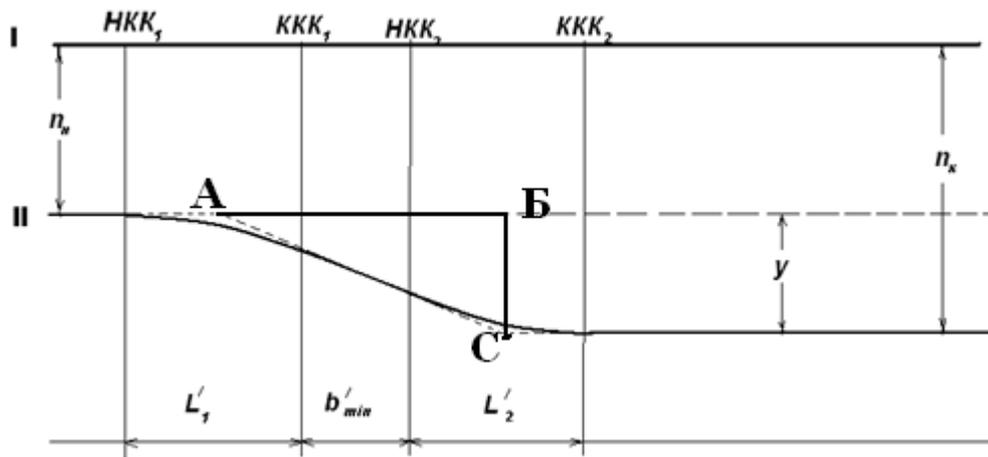


Рис.2. Схема расчета

Решение:

1) Определение параметров плана II пути

а) Назначаем $R_1 = R_2 = 4000$ м

и длины переходных кривых, согласно категории дороги $l_1 = l_2 = 30$ м

б) Определение минимальной длины прямой вставки.

По условию проектирования минимальная величина прямой вставки, b_{\min} рассчитывается по формуле

$$b_{\min} = \frac{l_1 + l_2}{2} + 150, \text{ м} \quad (1)$$

где 150 – нормативная длина прямой вставки между кривыми, направленными в разные стороны с учетом длин переходных кривых (табл.1) [2]

Таблица 1

Категория железнодорожной линии	Длина прямой вставки, м			
	в нормальных условиях между кривыми направлениями		в трудных условиях между кривыми направлениями	
	в разные стороны	в одну сторону	в разные стороны	в одну сторону
Скоростные	150	150	100	100
Особогрузонапряженные	75	100	50	50
I и II	150	150	50	75
III	75	100	50	50
IV	50	50	30	30

$$b_{\min} = \frac{30+30}{2} + 150 = 180\text{м}$$

в) Определение угла поворота кривой, α .

Угол поворота α находится из треугольника ABC, при этом, справедливы следующие расчетные выражения:

$$AC = 2 \cdot T + b_{\min}, \quad T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad y = n_k - n_H = 10,2 - 4,1 = 6,1\text{м}$$

$$\sin \alpha = \frac{y}{AC} \Rightarrow y = (2 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b_{\min}) \cdot \sin \alpha$$

Значения угла α определится из выражения

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{-b + \sqrt{b^2_{\min} + (4 \cdot R - y) \cdot y}}{4 \cdot R - y} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{-180 + \sqrt{180^2 + (4 \cdot 4000 - 6,1) \cdot 6,1}}{4 \cdot (4000) - 6,1} \approx 0,01128577$$

$\alpha = 1,293199$ округляем угол с точностью до минут, $1^\circ 17'$
 $\alpha = 1,283333$

г) Проверяем условия:

- длина круговой кривой должна соответствовать условию

$$L_{1,2} \geq l + 20; \quad (3)$$

где $L_{1,2} = R \cdot \alpha_{\text{рад}}$;

l – длина проектной переходной кривой.

$$\alpha_{\text{рад}} = 0,022398 \text{ рад}, \quad L_{1,2} = 4000 \cdot 0,022398 = 89,59 \text{ м}$$

$$89,59 \geq 30 + 20$$

- фактическая прямая вставка между началами переходных кривых $b \geq b_{\min}$.

Тангенс круговой кривой, T определится по формуле

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 4000 \cdot 0,0111997 = 44,80 \text{ м}$$

Фактическая длина прямой вставки между кривыми

$$b = \frac{y}{\sin \alpha} - 2 \cdot T \quad (5)$$

$$b = \frac{y}{\sin \alpha} - 2 \cdot T = \frac{6,1}{\sin 1,28333} - 2 \cdot 44,80 = 182,76 \text{ м}$$

$$182,760 \geq 180,00 \text{ м}$$

д) Определяем проекцию круговых кривых на существующий путь

Штрих над величиной указывает на значение проекции этой величины на ось существующего пути.

$$L'_1 = L'_2 = T(1 + \cos \alpha) = 44,80 \cdot (1 + 0,999749) = 89,59 \quad (6)$$

ж) Определяем проекцию прямой вставки на существующий путь

$$b' = b \cdot \cos \alpha = 182,76 \cdot 0,999749 = 182,71 \text{ м} \quad (7)$$

з) Определяем длину схода, L

$$L = L_1 + b + L_2 = 89,59 + 182,76 + 89,59 = 361,94 \text{ м} \quad (8)$$

и) Определяем проекцию длины схода на существующий путь

$$L' = \frac{y \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} + 2 \cdot T = \frac{6,1 \cdot 0,999749}{\sin 1,28333} + 2 \cdot 44,80 = 361,89 \text{ м} \quad (9)$$

к) Определяем неправильный пикет,

$$100 \pm \Delta L \quad (10)$$

$$\Delta L = L - L' = 361,94 - 361,89 = 0,05 \text{ м}$$

Величина неправильного пикета II пути составит 100,05 м.

При проектировании схода на прямой неправильный пикет всегда больше 100 м, так как второй путь всегда удлиняется по сравнению с прямым первым.

2) Определение пикетажных значений характерных точек.

$$\text{НПК}_{11} = 47 + 00,00 \quad (\text{согласно задания})$$

$$1/2 \quad \underline{15,00}$$

$$\text{НКК}'_1 = 47 + 15,00$$

$$L'_1 \quad \underline{0 + 89,59}$$

$$\text{ККК}'_1 = 48 + 04,59$$

$$b' \quad \underline{1 + 82,71}$$

$$\text{НКК}'_2 = 49 + 87,30$$

$$L'_2 \quad \underline{0 + 89,59}$$

$$KKK_2' = 50 + 76,89$$

3) Построение углограммы и определение междупутных расстояний

Для определения междупутных расстояний через каждые 20 м, необходимо построить углограмму (рис. 3).

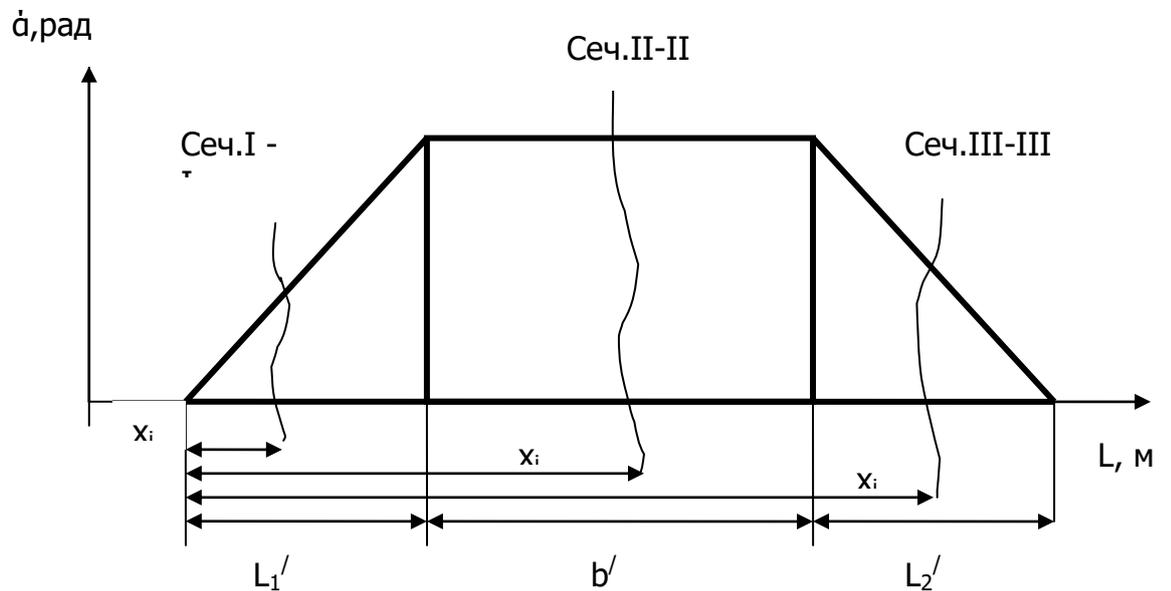


Рис.3. Углограмма участка смещения оси пути

Формула для определения междупутного расстояния выглядит так:

$$n_i = n_H + \omega_C - \omega_{\text{пр}} \quad (11)$$

где n_i - расстояние между осями существующего и проектного путей без учета постановки переходных кривых;

ω_C - площадь углограммы существующего пути (для схода на прямой $\omega_C = 0$);

$\omega_{\text{пр}}$ - площадь углограммы проектного пути.

Расчет предусматривает строго линейное изменение угла в каждой точке круговой кривой. Но это условие не всегда выполнимо. Поэтому вводим понятие фиктивного угла:

$$\alpha_{\phi} = \frac{n_H' - n_K'}{L_1' + b'} \quad (12)$$

$$\alpha_{\phi} = \frac{10,2 - 4,1}{89,59 + 182,71} = 0,02240176$$

Для упрощения расчета введем константу $q_{\text{пр}}$:

$$q = \frac{\alpha_{\phi}}{2 \cdot L_1'} = \frac{0,02240176}{2 \cdot 89,59} = 0,000125 \quad (13)$$

Вид формулы для нахождения междупутного расстояния зависит от того, где проведено сечение углограммы:

Сечение I-I: В пределах первой КК. От НКК₁' до ККК₁'

$$n_i = n_{\text{нач}} - x_i^2 \cdot q_{\text{пр}} \quad (14)$$

Сечение II-II: В пределах проекции b' на существующий путь от ККК₁' до НКК₂'

$$n_i = n_{\text{нач}} - (L_1')^2 \cdot q_{\text{пр}} - (x_i - L_1') \cdot \alpha_{\phi} \quad (15)$$

Сечение III-III: В пределах второй КК. От НКК₂ до ККК₂

$$n_i = n_{\text{нач}} - 2 \cdot (L_1')^2 \cdot q_{\text{пр}} - b' \cdot \alpha_{\phi} + (L_1' - x_i)^2 \cdot q_{\text{пр}} \quad (16)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.

Окончательное значение междупутного расстояния с учетом постановки переходных кривых определится по формуле

$$M_i = n_i \pm \delta_i \quad (17)$$

где p_i - расстояние между осями проектного и существующего путей без учета постановки переходных кривых (табл.1, графа 5);

δ_i - сдвигка от постановки переходных кривых, l на проектном пути (табл.1, графа 6).

Величина сдвигки определяется по формулам в зависимости от значения текущей координаты x_i (рис.4). Значения текущей координаты приведены в таблице 6 (графа 7).

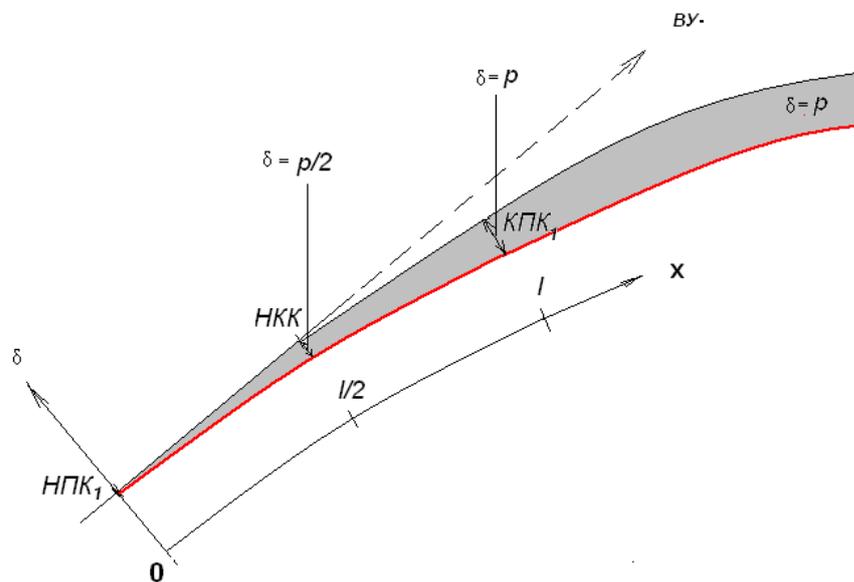


Рис.4. Схема расчета сдвижек от постановки переходных кривых
Для участка, на котором $0 < x_i \leq l/2$

$$\delta_i = \frac{x_i^3}{6 \times l \times R} \quad (18)$$

Для участка, на котором $l/2 < x_i \leq l$

$$\delta_i = p - \frac{(l - x_i)^3}{6 \times l \times R} \quad (19)$$

Для участка, на котором $x_i > l$

$$\delta_i = p = \frac{l^2}{24 \times R} \quad (20)$$

Постоянное значение сдвиги $\delta_i = p$ устанавливается на участке между концами входной и выходной переходных кривых. Если, входная и выходная переходные кривые не равны между собой (не симметричные), то на участке между концами переходных кривых осуществляется плавное изменение сдвиги по линейному закону от

$$p_1 = \frac{l_1^2}{24 \times R} \text{ до } p_2 = \frac{l_2^2}{24 \times R}$$

Таблица 2

Пример расчета междупутных расстояний

Точки	ПК	+	Расчет $n_{i,m}$		Расчет сдвижек от постановки переходных кривых		Mi, м
			x_i	n_i	x_i	δ_i	
1	2	3	4	5	6	7	8
НПК11	47	0,00		-4,100	0	0	-4,100
	47	10,00		-4,100	10	-0,001	-4,101
НКК'1	47	15,00	0	-4,100	15	-0,005	-4,105
	47	20,00	5	-4,103	20	-0,008	-4,111
КПК11	47	30,00	15	-4,128	30	-0,009	-4,137
	47	40,00	25	-4,178		-0,009	-4,187
	47	50,00	35	-4,253		-0,009	-4,262
	47	60,00	45	-4,353		-0,009	-4,362
	47	70,00	55	-4,478		-0,009	-4,487
	47	80,00	65	-4,628		-0,009	-4,637
КПК12	47	89,59	74,59	-4,803		-0,009	-4,814
	47	90,00	75	-4,808	30	-0,009	-4,817
	48	0,00	85	-5,003	19,59	-0,008	-5,011
ККК'1	48	4,59	89,59	-5,119	15	-0,005	-5,124
	48	10,00	95	-5,225	9,59	-0,001	-5,226
НПК12	48	19,59	104,59	-5,451	0	0,000	-5,451
	48	20,00	105	-5,457			-5,457

	48	30,00	115	-5,677			-5,677
	48	40,00	125	-5,903			-5,903
	48	50,00	135	-6,128			-6,128
	48	60,00	145	-6,354			-6,354
	48	70,00	155	-6,580			-6,580
	48	80,00	165	-6,806			-6,806
	48	90,00	175	-7,031			-7,031
	49	0,00	185	-7,257			-7,257
	49	10,00	195	-7,483			-7,483
	49	20,00	205	-7,709			-7,709

Точки	ПК	+	Расчет $n_{i, м}$		Расчет сдвижек от постановки переходных кривых		$M_i, м$
			x_i	n_i	x_i	δ_i	
1	2	3	4	5	7	6	8
	49	30,00	215	-7,934			-7,934
	49	40,00	225	-8,160			-8,160
	49	50,00	235	-8,386			-8,386
	49	60,00	245	-8,612			-8,612
	49	70,00	255	-8,837			-8,837
НПК21	49	72,30	257,3 0	-8,842	0,00	-0,000	-8,842
	49	80,00	265	-9,063	7,70	-0,001	-9,062
НКК'2	49	87,30	272,3 0	-9,181	15	-0,005	-9,176
	49	90,00	275	-9,286	17,70	-0,008	-9,278
	50	0,00	285,0 0	-9,487	27,70	-0,009	-9,478
КПК21	50	2,30	285,2 2	-9,491	30	-0,009	-9,482
	50	10,00	295,0 0	-9,664		-0,009	-9,654
	50	20,00	305,0 0	-9,815		-0,009	-9,806
	50	30,00	315,0 0	-9,941		-0,009	-9,932

	50	40,00	325,0 0	-10,042		-0,009	-10,033
	50	50,00	335,0 0	-10,118		-0,009	-10,109
	50	60,00	345,0 0	-10,170		-0,009	-10,161
КПК22	50	61,89	346,8 9	-10,172	30	-0,009	-10,163
	50	70,00	355,0 0	-10,196	21,89	-0,008	-10,188
ККК'2	50	76,89	361,8 9	-10,200	15	-0,005	-10,195
	50	80,00	365	-10,200	11,89	-0,002	-10,198
	50	90,00	375	-10,200	1,89	0,000	-10,200
НПК22	50	91,89	376,8 9	-10,200			-10,200

Литература

1. Проектирование реконструкции железных дорог: учеб. Пособие по курсовому и дипломному проектированию /Подвербная О.В. и др.. – Иркутск: ИрГУПС 2019. – 340с.
2. СП237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие положения.